

In re U.S. Patent Application of
ISHIKAWA et al.
Application Number: To be Assigned
Filed: Concurrently Herewith
For: MAGNETORESISTIVE HEAD
ATTORNEY DOCKET NO. NITT.0145

**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200
July 2, 2003

PATENT OFFICE

JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application : December 13 , 2002
Application Number : Patent Application No. 2002-361607
Applicant (s) : Hitachi, Ltd.

Dated this 25th day of April, 2003

Shinichiro OTA
Commissioner,
Patent Office
Certificate No. 2003-3029819

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年12月13日

出願番号

Application Number:

特願2002-361607

[ST.10/C]:

[JP2002-361607]

出願人

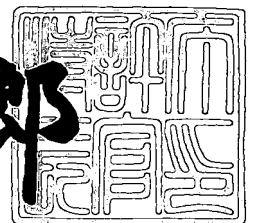
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 4月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3029819

【書類名】 特許願

【整理番号】 H02010851A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/33

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 石川 千明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 星屋 裕之

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果ヘッド及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定層、中間層及び自由層を備える磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電流を印加する一対の端子と、前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段とを有し、

前記自由層は、感磁部と前記感磁部の両端に一対の感磁部外領域とを有し、

一方の感磁部外領域の磁化方向と他方の感磁部外領域の磁化方向とが異なる素子高さ方向成分をもち、且つ一方の感磁部外領域の磁化と他方の感磁部外領域の磁化とが感磁部を介して略対称であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】

固定層、中間層及び自由層とを備える磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜に電流を印加する一対の端子と、前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段とを有し、

トラック幅方向を x 軸、トラック幅方向に直交する素子高さ方向を y 軸、自由層の磁化方向を x プラス方向、媒体摺動面反対方向を y プラス方向とするととき、

上記自由層の x マイナス側の領域では y プラス方向成分のバイアス磁界を、x プラス側の領域では y マイナス方向成分のバイアス磁界を発生せしめる手段を含むことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】

上記座標系における上記自由層の磁化方向を $(\sin \theta, \cos \theta)$ とし、x 軸のプラス方向を $(0, 1)$ とするとき、

x マイナス側の領域で y プラス方向成分のバイアス磁界が印加された自由層の磁化方向は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ であり、x プラス側の領域で y マイナス方向成分のバイアス磁界が印加された自由層の磁化方向は $270^\circ < \theta < 360^\circ$ である請求項 2 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

前記固定層は、第 1 の反強磁性層により磁化の方向が固定されていることを特

徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段を、前記磁気抵抗効果膜のトラック幅方向の両端部に配置してなり、前記バイアス印加手段が前記自由層に交換結合した第 2 の反強磁性層もしくは硬磁性膜からなることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】

上記磁気抵抗効果素子の y 軸方向の長さを素子高さとしたとき、

上記バイアス印加手段およびこれに交換結合した自由層の高さが、バイアス印加手段に挟まれた領域における自由層の高さと同じか、これよりも大きいことを特徴とする請求項 5 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】

上記バイアス印加手段の第 2 の反強磁性層の左右の膜厚差 Δt が、 $1 \text{ nm} \leq \Delta t \leq 10 \text{ nm}$ である請求項 5 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】

上記バイアス印加手段の第 2 の反強磁性層が左右で異なる材料からなる請求項 5 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】

上記電流を印加する一対の端子を、金属膜を介してもしくは介さず直接、上記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に積層して上記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流す構成とし、前記電流によりバイアス磁界を発生させることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 10】

上記固定層のトラック幅方向の長さを、上記自由層のトラック幅方向の長さより小さくすることで、信号を検知する領域の長さを上記固定層の長さとし、

上記電流を印加する一対の端子のトラック幅方向の長さが、上記固定層のトラック幅方向の長さより大きい構成とした、請求項 9 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 11】

上部シールドと、下部シールドと、該上部シールドと下部シールドとの間に配

設された磁気抵抗効果素子とを備え、

前記磁気抵抗効果素子は、固定層、中間層及び自由層を備える磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電流を印加する一対の端子と、前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段とを有し、

前記自由層は、感磁部と前記感磁部の両端に一対の感磁部外領域とを有し、

一方の感磁部外領域の磁化方向と他方の感磁部外領域の磁化方向とが異なる素子高さ方向成分をもち、且つ一方の感磁部外領域の磁化と他方の感磁部外領域の磁化とが感磁部を介して略対称であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 1 2】

上部シールドと、下部シールドと、該上部シールドと下部シールドとの間に配設された磁気抵抗効果素子とを備え、

前記磁気抵抗効果素子は、固定層、中間層及び自由層とを備える磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜に電流を印加する一対の端子と、前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段とを有し、

トラック幅方向を x 軸、トラック幅方向に直交する素子高さ方向を y 軸、自由層の磁化方向を x プラス方向、媒体摺動面反対方向を y プラス方向とすると、

上記自由層の x マイナス側の領域では y プラス方向成分のバイアス磁界を、x プラス側の領域では y マイナス方向成分のバイアス磁界を発生せしめる手段を含むことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 1 3】

上記座標系における上記自由層の磁化方向を $(\sin \theta, \cos \theta)$ とし、x 軸のプラス方向を $(0, 1)$ とするとき、

x マイナス側の領域で y プラス方向成分のバイアス磁界が印加された自由層の磁化方向は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ であり、x プラス側の領域で y マイナス方向成分のバイアス磁界が印加された自由層の磁化方向は $270^\circ < \theta < 360^\circ$ である請求項 1 2 記載の磁気ヘッド。

【請求項 1 4】

前記固定層は、第 1 の反強磁性層により磁化の方向が固定されていることを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 15】

前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段を、前記磁気抵抗効果膜のトラック幅方向の両端部に配置してなり、前記バイアス印加手段が前記自由層に交換結合した第2の反強磁性層もしくは硬磁性膜からなることを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 16】

上記磁気抵抗効果素子の y 軸方向の長さを素子高さとしたとき、

上記バイアス印加手段およびこれに交換結合した自由層の高さが、バイアス印加手段に挟まれた領域における自由層の高さと同じか、これよりも大きいことを特徴とする請求項 15 記載の磁気ヘッド。

【請求項 17】

上記バイアス印加手段の第2の反強磁性層の左右の膜厚差 Δt が、 $1\text{ nm} \leq \Delta t \leq 10\text{ nm}$ である請求項 15 記載の磁気ヘッド。

【請求項 18】

上記バイアス印加手段の第2の反強磁性層が左右で異なる材料からなる請求項 15 記載の磁気ヘッド。

【請求項 19】

上記電流を印加する一対の端子を、金属膜を介してもしくは介さずに直接、上記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に積層して上記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流す構成とし、前記電流によりバイアス磁界を発生させることを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 20】

上記固定層のトラック幅方向の長さを、上記自由層のトラック幅方向の長さより小さくすることで、信号を検知する領域の長さを上記固定層の長さとし、上記電流を印加する一対の端子のトラック幅方向の長さが、上記固定層のトラック幅方向の長さより大きい構成とした、請求項 19 記載の磁気ヘッド。

【請求項 21】

磁気記録媒体と、

上部シールドと、下部シールドと、該上部シールドと下部シールドとの間に配

設された磁気抵抗効果素子とを備える磁気ヘッドと、
 該磁気ヘッドを駆動する磁気ヘッド駆動部と、
 該磁気記録媒体を駆動する磁気記録媒体駆動部と、
 該磁気ヘッドにより再生された該磁気記録媒体の信号を処理する再生信号処理系とを備え、

前記磁気抵抗効果素子は、固定層、中間層及び自由層を備える磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電流を印加する一対の端子と、前記自由層に感磁部外用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段とを有し、

前記自由層は、感磁部と前記感磁部の両端に一対の感磁部外領域とを有し、
 一方の感磁部外領域の磁化方向と他方の感磁部外領域の磁化方向とが異なる素子高さ方向成分をもち、且つ一方の感磁部外領域の磁化と他方の感磁部外領域の磁化とが感磁部を介して略対称であることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 2 2】

磁気記録媒体と、
 上部シールドと、下部シールドと、該上部シールドと下部シールドとの間に配設された磁気抵抗効果素子とを備える磁気ヘッドと、
 該磁気ヘッドを駆動する磁気ヘッド駆動部と、
 該磁気記録媒体を駆動する磁気記録媒体駆動部と、
 該磁気ヘッドにより再生された該磁気記録媒体の信号を処理する再生信号処理系とを備え、

前記磁気抵抗効果素子は、固定層、中間層及び自由層とを備える磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜に電流を印加する一対の端子と、前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段とを有し、

トラック幅方向を x 軸、トラック幅方向に直交する素子高さ方向を y 軸、自由層の磁化方向を x プラス方向、媒体摺動面反対方向を y プラス方向とするととき、

上記自由層の x マイナス側の領域では y プラス方向成分のバイアス磁界を、x プラス側の領域では y マイナス方向成分のバイアス磁界を発生せしめる手段を含むことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 2 3】

上記座標系における上記自由層の磁化方向を $(\sin \theta, \cos \theta)$ とし、 x 軸のプラス方向を $(0, 1)$ とするとき、

x マイナス側の領域で y プラス方向成分のバイアス磁界が印加された自由層の磁化方向は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ であり、 x プラス側の領域で y マイナス方向成分のバイアス磁界が印加された自由層の磁化方向は $270^\circ < \theta < 360^\circ$ である請求項 22 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 24】

前記固定層は、第 1 の反強磁性層により磁化の方向が固定されていることを特徴とする請求項 21 又は 22 に記載の磁気記録再生装置。

【請求項 25】

自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段を、上記磁気抵抗効果膜のトラック幅方向の両端部に配置してなり、上記バイアス印加手段が上記自由層に交換結合した第 2 の反強磁性層もしくは硬磁性膜からなることを特徴とする請求項 21 又は 22 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 26】

上記電流を印加する一対の端子を、金属膜を介してもしくは介さずに直接、上記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に積層して上記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流す構成とし、前記電流によりバイアス磁界を発生させることを特徴とする請求項 21 又は 22 に記載の磁気記録再生装置。

【請求項 27】

第 1 の反強磁性層と、固定層と、非磁性中間層と、自由層と、該自由層上に第 2 の反強磁性層と、レジストパターンを形成する工程と、

該レジストパターンをマスクとして、第 2 の反強磁性層をミリングする工程と、

第 2 のレジストパターンを形成する工程と、

該第 2 のレジストパターンをマスクとして、第 2 の反強磁性層を着磁するための永久磁石膜を形成する工程と、

該レジストパターンを除去する工程と、

反強磁性層を着磁後、永久磁石膜を取り除く工程とを備えることを特徴とする磁

気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項 2 8】

第 1 の反強磁性層と、固定層と、非磁性中間層と、自由層と、該自由層上に第 2 の反強磁性層と、レジストパターンを形成する工程と、

該レジストパターンをマスクとして、第 2 の反強磁性層をミリングする工程と、

該レジストパターンを除去する工程と

第 2 のレジストパターンを形成する工程と、

該第 2 のレジストパターンをマスクとして、第 2 の反強磁性層をミリングする工程と

該レジストパターンを除去する工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【請求項 2 9】

第 1 の反強磁性層と、固定層と、非磁性中間層と、自由層と、該自由層上に第 2 の反強磁性層と、レジストパターンを形成する工程と、

該レジストパターンをマスクとして、第 2 の反強磁性層をミリングする工程と、

再度、反強磁性層を形成する工程と、

該レジストパターンを除去する工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固定層と非磁性中間層と自由層とが積層されてなる磁気抵抗効果素子及びそれを備える磁気抵抗効果ヘッド、並びにそれらの製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

磁気ディスク装置の高密度化に伴い、感度の高い再生用磁気ヘッドが求められている。高感度の再生磁気ヘッドとしては、非特許文献 1 に記載のように、2 層

の強磁性層を非磁性金属層で分離し、一方の強磁性層の磁化を固定するために、これに反強磁性層からの交換バイアス磁界を印加する構造が知られている。

【 0 0 0 3 】

このような多層膜において、抵抗 R は、2層の強磁性層における磁化の間の角 θ の関数として、 $\cos \theta$ に比例して変化する成分を有することが、上記論文に示されている。そして、このような効果を巨大磁気抵抗効果（GMR）またはスピン・バルブ効果と呼んでいる。また、このような多層膜を磁気抵抗効果膜と呼んでいる。

【 0 0 0 4 】

巨大磁気抵抗効果ヘッドは、膜面に平行に検出電流を流す場合（Current in plane、以下CIPと称する。）と、膜面に垂直に電流を流す場合（Current perpendicular to the plane、以下CPPと称する。）とがある。CIPモードに比べてCPPモードのMR比は、室温において2倍以上に向上することが知られている。CPPモードの巨大磁気抵抗効果ヘッドに関する記載は、例えば特許文献1および特許文献2にある。

【 0 0 0 5 】

これらの再生ヘッドでは、良好な再生電圧を得るために、磁気抵抗効果膜を構成する強磁性層を単磁区化する必要がある。このため、例えば特許文献3に記載されているハードバイアス構造と呼ばれる磁区制御方法がある。この方法は、磁気抵抗効果膜の両端部に永久磁石膜を配設し、磁気抵抗効果膜に対してトラック幅方向に磁区制御用の縦バイアス磁界を印加することにより、強磁性層を単磁区化して磁区構造から生じるバルクハウゼンノイズを抑えるものである。

【 0 0 0 6 】

強磁性層を単磁区化する他の方法としては、例えば特許文献4に記載のパートナードエクスチェンジと呼ばれる磁区制御方法がある。この方法では、反強磁性層を強磁性層の上部で直接接するように、左右両端部領域に離間して配設する。これにより、強磁性層の両端部領域の磁化を反強磁性層との交換結合により固定して、強磁性層を単磁区化するものである。通常、強磁性層の両端部領域の磁化はトラック幅方向とされている。

【 0 0 0 7 】

ただし、特許文献 5 には、強磁性層の両端部領域の磁化をトラック幅方向から傾けることにより、再生感度を向上したヘッドの記載がある。このヘッドは、再生感度の向上を目的として、左右の磁化を同方向に傾けている。

【 0 0 0 8 】

パターンドエクスチェンジにより磁区制御された従来の C I P モードの巨大磁気抵抗効果ヘッドを、図 1 6 に示す。このヘッドは、自由層 3 5、非磁性金属層 (C u 層) 4 0、固定層 4 5 及び反強磁性層 5 0 が積層されてなる磁気抵抗効果膜 (G M R 膜) 3 0 を備えている。固定層 4 5 の磁化は、反強磁性層 5 0 からの交換バイアス磁界によって、素子高さ方向に固定される。一般に、自由層 3 5 の磁化容易方向は、ヘッドのトラック幅方向と平行とされる。

【 0 0 0 9 】

C I P モードの巨大磁気抵抗効果ヘッドを作製するには、まず、基板 5 上に、磁気シールド層 1 0、磁気ギャップ層 2 0 及び磁気抵抗効果膜 (G M R 膜) 3 0 を積層する。磁気抵抗効果膜 3 0 の上に反強磁性膜 6 0 及び電極膜 7 0 を積層した後これらをパターンニングする。次に、電極膜 7 0 上に、磁気ギャップ層 8 0 を介して磁気シールド膜 9 0 を形成する。

【 0 0 1 0 】

【特許文献 1】

米国特許第 5 6 6 8 6 8 8 号

【特許文献 2】

特開 2 0 0 0 - 2 2 8 0 0 4 号公報

【特許文献 3】

特開平 3 - 1 2 5 3 1 1 号公報

【特許文献 4】

米国特許第 4 6 6 3 6 8 5 号

【特許文献 5】

特開平 8 - 1 4 7 6 3 1 号公報

【非特許文献 1】

Physical Review B、第 4 3 巻、1 2 9 7 ~ 1 3 0 0 頁「軟磁性多層膜における巨大磁気抵抗効果」

【 0 0 1 1 】

【発明が解決しようとする課題】

磁気記録の分野では、記録密度が向上するに伴い、磁気ヘッドのトラック幅の減少および再生感度の向上が求められている。しかしながら、磁気ヘッドのトラック幅を小さくすると、磁気抵抗効果素子の両端部に配設されている磁区制御用の永久磁石膜や反強磁性層（バイアス印加膜）の影響が大きくなる。このため、信号磁界に対する自由層の磁化回転が小さくなり、再生感度が減少してしまうという問題がある。そこで、自由層のトラック中心部には、縦バイアス磁界を可能な限り小さく印加して、感度を良好に確保することが好ましい。

【 0 0 1 2 】

また再生ヘッドでは、実効的な再生トラック幅が電極間幅で定義される幾何学的なトラック幅より大きくなるという、読みにじみの問題がある。磁気ヘッドのトラック幅が減少すると、トラック幅に対する読みにじみ量の割合が増大して影響が大きくなる。このため、トラック幅方向の読みにじみ量を低減することが重要な課題となる。

【 0 0 1 3 】

本発明は、狭トラック化されていても、再生感度が高く、且つ、読みにじみが小さい磁気抵抗効果素子及びそれを備える磁気抵抗効果ヘッド、磁気抵抗効果ヘッドの製造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、上述の磁気抵抗効果ヘッドを備え、記録密度の高い磁気記録媒体と組み合わせることが可能である磁気記憶装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明に係る磁気抵抗効果素子、磁気ヘッドは、
固定層、中間層及び自由層を備える磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜に電流を印加する一対の端子と、自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス

印加手段とを有し、自由層は、感磁部と感磁部の両端に一对の感磁部外領域とを有し、一方の感磁部外領域の磁化方向と他方の感磁部外領域の磁化方向とが異なる素子高さ方向成分をもち、且つ一方の感磁部外領域の磁化と他方の感磁部外領域の磁化とが感磁部を介して略対称であることを主な特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

より具体的には、本発明に係る磁気抵抗効果素子、磁気ヘッドは、固定層、中間層及び自由層とを備える磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜に電流を印加する一对の端子と、前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段とを有し、トラック幅方向を x 軸、トラック幅方向に直交する素子高さ方向を y 軸、自由層の磁化方向を x プラス方向、媒体摺動面反対方向を y プラス方向とすると、上記自由層の x マイナス側の領域では y プラス方向成分のバイアス磁界を、x プラス側の領域では y マイナス方向成分のバイアス磁界を発生せしめる手段を含むことを主な特徴とする。

【 0 0 1 6 】

図 1 (a) に、従来のパターンドエクスチェンジ構造における、自由層の磁化分布をシミュレーションにより計算した結果を示す。反強磁性層と交換結合させたトラック幅の左右両端部は、トラック幅方向のバイアス磁界が印加されて、これにより、磁化はトラック幅方向を向く。通常、交換結合磁界は 5 0 0 0 e から 1 0 0 0 0 e であるため、オフトラック時に、トラック端部に媒体磁界が印加されると、交換結合部の自由層磁化が回転する。トラック端部の磁化回転は自由層内のエクスチェンジによりトラック幅に相当する感磁部に伝播されるため、読みにじみが増大する。

【 0 0 1 7 】

一方、本発明によるバイアス磁界の方向を変えたヘッドでは、自由層の磁化が図 1 (b) に示すような分布となる。このようなヘッドでは、オフトラック時に、トラック端部に印加された媒体からの磁界は、磁化と直行する方向、すなわち感磁部から外側へ向かう方向へ伝わりやすく、磁化の回転は感磁部領域には伝わりにくい構造となっている。このため、読みにじみを低減でき、実効的な再生トラック幅を小さくすることができる。

【 0 0 1 8 】

さらに、交換結合部の自由層磁化が素子高さ方向へ傾くことにより、感磁部領域に印加されるバイアス磁界が低減できるため、ヘッドの再生出力が向上するという利点もある。感磁部領域に印加されるバイアス磁界は、自由層を単磁区化するために必要であるが、強すぎると媒体磁界に対する自由層の磁化回転が小さくなり、再生出力が減少する。

【 0 0 1 9 】

また、本発明に係る時期抵抗効果素子、磁気ヘッドは、電流を印加する一対の端子を、金属膜を介して、もしくは介さずに直接に、上記磁気抵抗効果膜と積層することで、電流を上記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に流す構成とし、上記電流により発生するバイアス磁界が、上記自由層のxマイナス側の領域ではyプラス方向成分のバイアス磁界を、xプラス側の領域ではyマイナス方向成分のバイアス磁界を発生せしめる手段を含む磁気抵抗効果素子を搭載したことを主な特徴とする。

【 0 0 2 0 】

特に、固定層のトラック幅方向の長さを上記自由層のトラック幅方向の長さより小さくすることで、信号を検知する領域の長さを固定層の長さとし、さらに電流を印加する一対の端子のトラック幅方向の長さを上記固定層のトラック幅方向の長さより大きい構成とすることで、トラック端部にバイアス磁界を効率良く印加することができる。

【 0 0 2 1 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用するのに望ましい磁気抵抗効果ヘッドについて、詳細に説明する。

【 0 0 2 2 】

<実施例 1>

本発明を適用した磁気抵抗効果ヘッドは、例えばCIPモードの磁気ヘッドの場合、基板上に、下部シールド膜（NiFe膜）、磁気ギャップ形成用絶縁膜（Al₂O₃膜）及び磁気抵抗効果素子がこの順に積層されている。さらに、この

磁気抵抗効果素子上には、Nb/Au/Nbからなり、磁気抵抗効果膜に電流を供給する電極が積層されている。そして、磁気抵抗効果素子及び電極上には、磁気ギャップ形成用絶縁膜（Al₂O₃膜）、上部シールド膜（NiFe膜）が、この順に積層されている。

【 0 0 2 3 】

磁気抵抗効果素子は、第1の反強磁性層と、第2の強磁性層（以下、固定層と称する）と、非磁性中間層と、第1の強磁性層（以下、自由層と称する）とがこの順に積層され、さらに、自由層の両端部には、自由層に交換結合した第2の反強磁性膜（MnPt膜）が配設されて、バイアス印加膜を構成する。

【 0 0 2 4 】

ここで、固定層とは、第1の反強磁性層により磁化が一定方向に固定されている磁性層のことである。また、自由層とは、記録媒体からの信号磁界を受けて、自由に磁化の方向を変えることの可能な磁性層のことである。また、トラック幅方向とは、媒体面に平行な方向において、磁気ヘッドが記録媒体に対して相対的に移動する方向に垂直な方向である。

【 0 0 2 5 】

そして、本発明を適用するのに望ましい磁気抵抗効果素子の実施の形態として、以下のように構成されることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

即ち、自由層は、感磁部と前記感磁部の両端に一对の感磁部外領域とを有し、一方の感磁部外領域の磁化方向と他方の感磁部外領域の磁化方向とが異なる素子高さ方向成分をもち、且つ一方の感磁部外領域の磁化と他方の感磁部外領域の磁化とが感磁部を介して略対称であることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

ここで、感磁部外領域とは、バイアス印加膜によりバイアス磁界が印加されて磁区制御されている領域のことである。

【 0 0 2 8 】

具体的には、トラック幅方向をx軸、トラック幅方向に直交する素子高さ方向をy軸、自由層の磁化方向をxプラス方向、媒体摺動面反対方向をyプラス方向

とするとき、x マイナス側のバイアス印加膜は y プラス方向成分のバイアス磁界を、x プラス側のバイアス印加膜は y マイナス方向成分のバイアス磁界を発生せしめる構成であることを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

さらに、上記バイアス磁界によって決まる自由層の磁化方向を $(\sin \theta, \cos \theta)$ とし、x 軸のプラス方向を $(0, 1)$ とするとき、x マイナス側のバイアス印加膜に交換結合した自由層の磁化方向は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ であり、x プラス側のバイアス印加膜に交換結合した自由層の磁化方向は $270^\circ < \theta < 360^\circ$ であることが望ましい。

【 0 0 3 0 】

一般に、パターンドエクスチェンジ構造では、媒体からの磁界によって交換結合部における自由層の磁化が回転すると、この磁化の挙動がエクスチェンジによりトラック幅に相当する感磁部に伝わるため、読みにじみが増大する。そこで本発明では、x マイナス側のバイアス印加膜は y プラス方向成分のバイアス磁界を、x プラス側のバイアス印加膜は y マイナス方向成分のバイアス磁界を発生せしめる構成とする。これにより、交換結合部に印加される媒体からの磁界を感磁部領域に伝わりにくくし、読みにじみを低減する。

【 0 0 3 1 】

尚、x マイナス側のバイアス印加膜に交換結合した自由層の磁化方向が全領域にわたって $90^\circ \leq \theta \leq 270^\circ$ となると、自由層を単磁区化するためのバイアス磁界が十分にかからず、バルクハウゼンノイズが発生する。また、 $270^\circ < \theta \leq 360^\circ$ となると、読みにじみを低減する効果が得られない。同様に、x プラス側の交換結合部における自由層の磁化方向が全領域にわたって $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ となると、読みにじみを低減する効果が得られず、 $90^\circ \leq \theta \leq 270^\circ$ となると、自由層を単磁区化するためのバイアス磁界が十分にかからない。以上のことから、バイアス印加膜に交換結合した自由層の磁化方向 $(\sin \theta, \cos \theta)$ は、x マイナス側では、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 、x プラス側では、 $270^\circ < \theta < 360^\circ$ であることが望ましい。

【 0 0 3 2 】

また、本実施の形態の磁気抵抗効果素子における自由層の交換結合部の高さ H は、例えば図2(a)に示すように、感磁部の高さ h と同じであってもよい。

【0033】

ここで、 H は交換結合部の高さの最大値、 h は感磁部の高さの最大値と定義する。

【0034】

さらに、図2(b)に示すように、左右の交換結合部の高さの最大値をそれぞれ H_1 、 H_2 とすると、 H_1 、 H_2 を感磁部の高さ h より大きくすることで、交換結合部における自由層の磁化が、より素子高さ方向を向きやすくなり、読みにじみを低減すると共に、再生出力が増大する効果が大きくなる。

【0035】

また、図2(c)に示すように、片側の交換結合部の高さ H_1 が感磁部の高さ h より大きいものであってもよい。

【0036】

さらにまた、図2(d)に示すように、交換結合部において、高さが H_1 または、 H_2 より小さい傾斜部を有するものであってもよい。

【0037】

尚、図2では $H_1 = H_2$ の場合についてのみ説明したが、 H_1 と H_2 が異なる大きさであってもよい。

【0038】

さらにまた、自由層の端部で交換結合させるバイアス印加膜は硬磁性膜であってもよい。以上のように構成される実施の形態の磁気抵抗効果素子では、感磁部の外側で生じた磁化回転が感磁部には伝わりにくくなると共に、媒体磁界による感磁部内の磁化回転を大きくすることができる。

【0039】

したがって、この磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッドは、読みにじみを低減できるとともに高い再生出力を達成できる。また、本発明を適用した磁気ヘッドは、狭トラック化されて、例えば電極間隔で定義されるトラック幅が $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$ となるときにおいても、読みにじみを低減できるとともに高い再生出

力を達成できるものとなる。

【 0 0 4 0 】

ところで、上述した磁気抵抗効果ヘッドを備える磁気記憶装置は、例えば図 3 に示すように、磁気記録媒体と、磁気記録媒体を駆動する磁気記録媒体駆動部と、磁気抵抗効果ヘッドを備える磁気ヘッドを駆動する磁気ヘッド駆動部と、磁気ヘッドにより再生された磁気記録媒体の信号を処理する再生信号処理系とを備える。

【 0 0 4 1 】

また、磁気抵抗効果ヘッドは、誘導型薄膜磁気ヘッドと一体化されていてもよい。ここで、誘導型薄膜磁気ヘッドは、例えば図 4 に示すように、下部磁気コアと、下部磁気コアに対向して設けられた上部磁気コアと、上部磁気コアと下部磁気コアとの間に配置されたコイルとを備えるものである。

【 0 0 4 2 】

以上のように構成される磁気記憶装置は、上述の磁気抵抗効果素子を有する磁気ヘッドを備えているので、記録密度が非常に高い、つまりトラック幅が狭い磁気記録媒体と組み合わせても、読みにじみが小さく、高再生出力を達成する。例えば、CIP-GMRヘッドならば、 100Gb/in^2 程度の記録密度を持つ磁気記録媒体に組み合わせることが、可能となる。また、CPP-GMRヘッドならば、 150Gb/in^2 以上の記録密度を持つ磁気記録媒体と組み合わせることが可能となる。

【 0 0 4 3 】

本発明を適用した磁気ヘッドとして、図 5 に示すように、基板 5 上に下部シールド膜 (NiFe 膜) 10、磁気ギャップ形成用絶縁膜 (Al₂O₃ 膜) 20 を形成した後、巨大磁気抵抗効果膜 (GMR 膜) 30 を形成してなる CIP モードの磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッドを作製した。

【 0 0 4 4 】

ここで、磁気抵抗効果素子は、図 6 の (a) 及び図 7 の (a) に示すプロセスに従って、以下のようにして形成した。

【 0 0 4 5 】

まず、工程 a 1 では、反強磁性層 (MnPt) 50、固定層 (Co/Ru/Co 積層膜) 45、非磁性中間層 (Cu) 40、自由層 (NiFe/CoFe 積層膜) 35 からなる GMR 膜 30 と、反強磁性層 (MnPt) 60、電極膜 (Nb/Au/Nb) 70 を順次積層した。反強磁性層 60 の膜厚は 15 nm とした。

【0046】

次に、工程 a 2 で、有機レジスト膜 100 を積層した後、工程 a 3 で、電極膜 70 と反強磁性層 60 をイオンミリングによりパターンニングして、電極間隔で定義されるトラック幅 (以下、 T_{wr} と称する。) を $0.1 \mu m$ とした。

【0047】

ここで、 T_{wr} の両側の電極膜下における、反強磁性膜が、磁区制御用のバイアス印加膜となる。

【0048】

次に、工程 a 4 で、有機レジスト膜 100 を除去した。

【0049】

工程 a 5 では、電極間領域と片側のバイアス印加膜上に有機レジスト膜 100 を積層した。

【0050】

工程 a 6 では、有機レジスト膜 100 をマスクとして、電極膜 70 と反強磁性膜 60 をイオンミリングによりパターンニングして、片側の反強磁性膜 60 の膜厚がもう一方の反強磁性膜 60 の膜厚より薄くなるようにした。片側の反強磁性膜の膜厚は 3 nm パターンニングして 12 nm とした。

【0051】

さらに、工程 a 7 では、パターンニングした反強磁性膜の上部に再度、電極膜 70 を積層した後、有機レジスト膜 100 を除去した。その後、磁気ギャップ形成用絶縁膜 (Al₂O₃ 膜) 80、上部シールド膜 (NiFe 膜) 90 を積層して、磁気ヘッドを作製した。尚、交換結合部における自由層の高さは、感磁部の自由層の高さ (hMR) と同じとし、hMR は $0.1 \mu m$ とした。尚、高さとは、磁気抵抗効果素子の面内において、トラック幅方向に垂直な方向、即ち y 軸方向の膜の大きさである。

【 0 0 5 2 】

本実施例のヘッドは、バイアス印加膜である反強磁性膜の膜厚を左右で変えてあるため、異なる条件の熱処理を2回行う事で、バイアス印加膜の着磁方向を左右で異なる方向とすることができる。図8(a)の平面図に示すように、自由層の磁化方向をxプラス方向とすると、この方向から θ_1 傾けた着磁方向1に、1 kOeの磁界を印加しながら、270℃、30分の熱処理を行った。これにより、膜厚が15 nmの反強磁性膜からなる、xマイナス側のバイアス印加膜を着磁した。次に、xプラス方向から θ_2 傾けた着磁方向2に、1 kOeの磁界を印加しながら、270℃、9時間の熱処理を行った。これにより、膜厚が12 nmの反強磁性膜からなる、xプラス側のバイアス印加膜を着磁した。本実施例では θ_1 を80°、 θ_2 を280°とした。

【 0 0 5 3 】

以上、2回の熱処理により、バイアス印加膜に交換結合した左右の磁化方向は、図8(b)の模式図に示す方向となった。

【 0 0 5 4 】

このような磁化の方向は、ヘッドの浮上面から磁気力顕微鏡(MFM)を用いて、観察することができる。

【 0 0 5 5 】

また、図5に示すような磁気ヘッドの断面の形状は、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて、詳細に観察することができ、反強磁性膜の膜厚が、左右で異なる事がわかる。

【 0 0 5 6 】

尚、左右の反強磁性膜の膜厚差 Δt を0.5 nmから12 nmまで変化させて複数作製したが、 Δt が1 nmより小さい場合は、左右の着磁の方向が同一方向となり、所望の方向に着磁できなかった。一方、 Δt が10 nmより大きいヘッドでは、反強磁性膜の膜厚が大きい側で、静電耐圧の不足によるショート不良が発生した。以上の結果から、左右の反強磁性膜の膜厚差 Δt は1 nm以上、10 nm以下に制御されることが望ましいことが確かめられた。

【 0 0 5 7 】

また、上記実施例 1 の磁気ヘッドの着磁方向を、x マイナス側では $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 、x プラス側では $270^\circ < \theta < 360^\circ$ となるように左右の着磁方向 θ を適宜変化させ、交換結合部の自由層の磁化方向が異なる磁気ヘッドを複数作製した。本実施例では、x マイナス側の着磁方向を θ_1 、x プラス側の着磁方向を θ_2 としたとき、 $\theta_2 = 360 - \theta_1$ となるように制御したが、上記範囲であれば、 θ_1 と θ_2 の値は相関なく決めてもよい。

【0058】

< 比較例 1 >

片側の反強磁性膜の膜厚を薄くする工程を含まないこと以外は実施例 1 と同様にして、従来型の巨大磁気抵抗効果ヘッドを作製した。従来型ヘッドのバイアス印加膜の着磁方向はトラック幅方向 ($\theta = 0$) とした。尚、従来型の巨大磁気抵抗効果ヘッドにおける Twr 及び hMR は、実施例 1 と同様である。

【0059】

以上のようにして作製した実施例 1 及び比較例 1 に対し、3 mA の電流を流して、再生出力と再生実効トラック幅を比較した。

【0060】

ここで、再生実効トラック幅は、ヘッドのトラック幅方向の感度分布を積分した値の 5% から 95% に相当する幅で定義した。トラック幅方向の感度分布は、電極間隔 Twr の $1/10$ 以下のトラック幅の媒体を、巨大磁気抵抗効果ヘッドに対して、トラック幅方向に移動させたときのヘッドの再生出力を測定したものである。ここで、トラック幅が狭い媒体は、通常のトラック幅の記録ヘッドを用いて記録した後、記録ヘッドをトラック幅方向で移動して、記録トラックの端部を DC イレーズすることによって作製した。

【0061】

測定結果を、図 9 に示す。図 9 から、 θ を大きくするほど、従来ヘッド ($\theta = 0$) より、実効トラック幅が小さく、しかも、再生出力が増大することが確かめられた。特に、実施例 1 の θ が 80° のヘッドは、従来ヘッドに比べて、実効トラック幅が約 15 nm 小さく、再生出力が、約 20% 向上した。

【0062】

次に、本実施例と同じ工程を用いて、交換結合部の自由層の高さが感磁部の自由層の高さより大きい巨大磁気抵抗効果ヘッドを、バイアス印加膜の着磁方向を変えて複数作製した。感磁部の自由層の高さは $0.1\mu\text{m}$ 、交換結合部の自由層の高さは $0.5\mu\text{m}$ とした。その他の条件は図5に示すヘッドと同じとした。再生出力と実効トラック幅を測定して、従来ヘッド($\theta = 0$)と比較した結果を図10に示す。

【0063】

この場合も、従来ヘッドより再生実効トラック幅が小さく、しかも、再生出力が増大することが確かめられた。さらに、交換結合部の高さが感磁部の高さと同じ図9の結果と比較すると、交換結合部の高さを大きくすることで、実効トラック幅低減および再生出力増大の効果がより大きくなることが確かめられた。例えば、 θ が 80° の場合、従来ヘッドに比べて、再生実効トラック幅は約 20nm 小さくなり、再生出力は、約 25% 向上した。

【0064】

尚、実施例1のGMR膜30の自由層35を、酸化膜層を含むスペキュラ構造の自由層と置き換えても、バルクハウゼンノイズがなく出力も高いな巨大磁気抵抗効果ヘッドを得られることが、本発明者等により確認された。

【0065】

尚、バイアス印加膜を構成する反強磁性膜は MnPt としたが、 MnIr 等のその他の材料を用いてもよい。

【0066】

また、GMR膜を製膜する際に、反強磁性層60、自由層35、非磁性中間層40、固定層45、反強磁性層50の順に積層することもできるが、本発明におけるGMR膜は、本実施例に示す順序で積層する方が製造しやすい。

【0067】

<実施例2>

図11に示すように、基板5上に下部シールド膜(NiFe 膜)10、磁気ギャップ形成用絶縁膜(Al_2O_3 膜)20を形成した後、巨大磁気抵抗効果膜(GMR膜)30を形成してなるCIPモードの磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘ

ッドを作製した。

【0068】

ここで、磁気抵抗効果素子は、図6の(b)及び図7の(b)に示すプロセスに従って、以下のようにして形成した。

【0069】

まず、工程b1では、反強磁性層(MnPt)50、固定層(Co/Ru/Co積層膜)45、非磁性中間層(Cu)40、自由層(NiFe/CoFe積層膜)35からなるGMR膜30と、反強磁性層(MnIr)60、電極膜(Nb/Au/Nb)70を順次積層した。

【0070】

次に、工程b2で、有機レジスト膜100を積層した後、工程b3で、電極膜70と反強磁性層60をイオンミリングによりパターンニングして、Twrを0.1μmとした。

【0071】

次に、工程b4で、有機レジスト膜100を除去した。

【0072】

工程b5では、有機レジスト膜100を積層した後、片側のバイアス印加膜を着磁するための永久磁石膜(CoCrPt膜)120を形成した。工程b5における有機レジスト膜100と永久磁石膜120を形成する平面位置は図12(a)に示す。永久磁石膜のBrは1.1T、膜厚は100nmとした。

【0073】

さらに工程b6で、有機レジスト膜100を除去した。その後、磁気ギャップ形成用絶縁膜(Al₂O₃膜)80、上部シールド膜(NiFe膜)90を積層して、磁気ヘッドを作製した。尚、hMRは0.1μmとした。

【0074】

本実施例では、永久磁石膜を用いることにより、バイアス印加膜を左右で異なる方向に着磁した。自由層の磁化方向が図12(b)の場合、まず、図12(b)に示す着磁方向1に磁界を10kOe印加して、永久磁石膜を着磁した。次に、着磁方向2に、2000eの磁界を印加しながら、270℃、30分の熱処理を

行った。着磁方向 2 の θ_2 は、 300° とした。

【0075】

これにより、x プラス側のバイアス印加膜は着磁方向 2 の方向に着磁された。一方、x マイナス側のバイアス印加膜には、永久磁石膜からの最大約 5 kOe の強い磁界が、着磁方向 1 に印加されるので、結果として図 8 (b) に示した磁化分布となった。永久磁石からの磁界はシールドによって弱まるが、バイアス印加膜の上下のシールド間隔は、約 150 nm と広いので、高さ方向にも、十分な着磁磁界が印加される。

【0076】

上記の方法によりバイアス印加膜を着磁した後、ヘッドの摺動面加工とともに、永久磁石膜は除去される。

【0077】

本実施例においても、従来ヘッドと比較して実効トラック幅が約 20 nm 小さく、再生出力が約 25 % 高い再生ヘッドが得られた。

【0078】

<実施例 3>

図 13 に示すように、基板 5 上に下部シールド膜 (NiFe 膜) 10、磁気ギャップ形成用絶縁膜 (Al₂O₃ 膜) 20 を形成した後、巨大磁気抵抗効果膜 (GMR 膜) 30 を形成してなる CIP モードの巨大磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッドを作製した。

【0079】

ここで、磁気抵抗効果素子は、図 6 の (c) 及び図 7 の (c) に示すプロセスに従って、以下のようにして形成した。

【0080】

まず、工程 c1 では、反強磁性層 (MnPt) 50、固定層 (Co/Ru/Co 積層膜) 45、非磁性中間層 (Cu) 40、自由層 (NiFe/CoFe 積層膜) 35 からなる GMR 膜 30 と、反強磁性層 (MnPt) 60、電極膜 (Nb/Au/Nb) 70 を順次積層した。反強磁性層 60 の膜厚は 15 nm とした。

【0081】

次に、工程 c 2 で、有機レジスト膜 100 を積層した後、工程 c 3 では、片側のバイアス印加膜に相当する領域のみを残すように、電極膜 70 と反強磁性層 60 をイオンミリングによりパターンニングした。

【0082】

次に、工程 c 4 で、有機レジスト膜 100 を除去した。

【0083】

工程 c 5 では、電極間隔に相当する領域と上記バイアス印加膜上に有機レジスト膜 100 を積層した。

【0084】

工程 c 6 では、有機レジスト膜 100 をマスクとして、もう一方の反強磁性膜 (MnIr) 61 と電極膜を形成した。新たに形成した反強磁性層 61 はすでにある反強磁性層 60 とは異なる材料とし、膜厚は 15 nm とした。

【0085】

さらに、工程 c 7 では、有機レジスト膜 100 を除去した。その後、磁気ギャップ形成用絶縁膜 (Al₂O₃ 膜) 80、上部シールド膜 (NiFe 膜) 90 を積層して、磁気ヘッドを作製した。尚、hMR は 0.1 μ m とした。

【0086】

本実施例のヘッドは、反強磁性膜の材料を左右で変えたため、異なる条件の熱処理を複数回行う事で、バイアス印加膜の着磁方向を左右で異なる方向とすることが出来る。

【0087】

まず、MnPt 反強磁性膜からなる x マイナス側のバイアス印加膜を着磁するために、第 1 の熱処理を以下のように行った。図 8 (a) の平面図に示すように、自由層の磁化方向を x プラス方向とすると、この方向から θ_1 傾けた着磁方向 1 に、1 kOe の磁界を印加しながら、270℃、30 分の熱処理を行った。これにより、MnPt 反強磁性膜からなる、x マイナス側のバイアス印加膜は着磁方向 1 に着磁された。

【0088】

次に、MnIr 反強磁性膜からなる x プラス側のバイアス印加膜を着磁するため

に、第2および第3の熱処理を以下のように行った。まず第2の熱処理は、図8(a)のxプラス方向から θ_1 傾けた着磁方向1に、1 kOeの磁界を印加しながら、270℃、3時間行った。さらに、第3の熱処理は、xプラス方向から θ_2 傾けた着磁方向2に、2000eの磁界を印加しながら、250℃、30分を行った。これにより、MnIr反強磁性膜からなる、xプラス側のバイアス印加膜は着磁方向2に着磁された。本実施例では θ_1 を80°、 θ_2 を280°とした。

【0089】

以上のように構成された実施例3の磁気ヘッドによれば、実効トラック幅が小さく、再生出力が高い再生ヘッドが得られることが、本発明者等により確認された。

【0090】

尚、EDX分析（エネルギー分散型X線分析）法を用いて磁気抵抗効果素子の成分分析を行うことにより、左右の反強磁性層が異なる材料から構成されていることが確認できる。ここで、EDX分析とは、固体表面に細く絞った電子線を照射して、励起された特性X線を検出する方法である。

【0091】

<実施例4>

図14に示すように、基板5上に、下部電極膜（NiFe膜）を兼ねた下部磁気シールド膜10を形成し、その上に下部電極膜70と磁気ギャップ層20を形成し、さらにその上に巨大磁気抵抗効果膜（GMR膜）30を形成してなるCPPモードの巨大磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッドを作製した。

【0092】

ここで、磁気抵抗効果素子の形成は、 T_{wr} を0.07 μ mとすること以外は実施例1にて説明した図6の(a)に示すプロセスと同様にして行った。

【0093】

さらに、磁気抵抗効果素子の上部に、上部電極膜70と磁気ギャップ層80および上部電極膜（NiFe膜）を兼ねた上部磁気シールド層90を配設することにより、磁気ヘッドを作製した。尚、hMRは0.07 μ mとした。左右で異なるバイアス印加膜の着磁も、実施例1にて説明した方法と同様にした。

【 0 0 9 4 】

以上のようにして作製された実施例 4 の磁気ヘッドによれば、実施例 1 と比較してトラック幅を狭くしているが、実効トラック幅を低減して、高い再生出力を達成できることが本発明者等によって確認された。

【 0 0 9 5 】

また、本発明によれば、例えば 2 0 0 Gbit/in² という超高密度記録の媒体と組み合わせた磁気記憶装置を実現できる。

【 0 0 9 6 】

< 実施例 5 >

本発明による他の実施例として、図 1 5 に示す、ハードバイアス構造による CPP モードの巨大磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッドを作製した。

【 0 0 9 7 】

図 1 5 (a) に示すように、まず、基板 5 上に、下部電極膜 (NiFe 膜) を兼ねた下部磁気シールド膜 1 0 を形成し、その上に下部電極膜 7 0、巨大磁気抵抗効果膜 (GMR 膜) 3 0 を形成した。所定の幅に形成した有機レジスト膜を上記積層膜の上に配置し、これをマスクとしてイオンミリングし両端部領域を除去することで、トラック幅 Twr を形成した。このとき自由層 3 5 はエッチングせずに残した。上記有機レジスト膜を除去した後、上部電極膜 7 0 を積層し、再度、有機レジスト膜を所定の幅に形成し、これをマスクとしてイオンミリングし両端部領域を除去した。これにより、自由層 3 5 の幅 Twr_2 を形成した。

【 0 0 9 8 】

次に、磁気ギャップ形成用絶縁膜 (Al₂O₃ 膜) 2 0 を形成した後、永久磁石膜 1 2 0 を積層して磁区制御膜とした。永久磁石膜の残留磁束密度 B_r は自由層 3 5 の飽和磁束密度と同じとし、膜厚は自由層の 3 倍とした。自由層と永久磁石間の距離 d_x は 5 nm とした。さらに、磁気ギャップ形成用絶縁膜 (Al₂O₃ 膜) 8 0 を形成した後、上記有機レジスト膜を除去し、その上に上部シールド膜 (NiFe 膜) 9 0 を積層して、磁気ヘッドを作製した。

【 0 0 9 9 】

感磁部に相当するトラック幅 Twr を $0.1 \mu m$ 、 Twr_2 を $0.15 \mu m$ と

し、 Twr_2 と Twr の差 dTw を $0.05\mu m$ とした。

【0100】

永久磁石120の磁化方向および電流の方向は、図15（b）に示す方向とした。このとき電流によって生じるバイアス磁界は、自由層35における紙面左側領域では、紙面下から上方向に、右側領域では、紙面上から下方向に印加される。永久磁石からの磁区制御磁界と電流によるバイアス磁界とにより、自由層の磁化分布は図1（b）に示したものと同様になることを、シミュレーションにより確認した。このとき、電流値は3mAとした。

【0101】

本実施例においても、従来のハードバイアス構造によるヘッドと比較して実効トラック幅が約20nm小さく、再生出力が約25%高い再生ヘッドが得られた。

【0102】

また、永久磁石膜の磁化方向および電流の方向の両者を、図15（b）に示す方向と 180° 反転させても同様の効果が得られた。

【0103】

また、本実施例の磁気抵抗効果膜30は自由層35、Cu層40、固定層45、反強磁性層50の順に積層したが、反強磁性層50、固定層45、Cu層40の順に積層してこれらをパターンニングした後、自由層35を積層しても良い。

【0104】

さらに、上記 dTw の値を10nmから100nmまで変化させたヘッドを作製した結果、いずれのヘッドにおいても実効トラック幅が低減でき、再生出力も向上することができた。

【0105】

さらにまた、本実施例では電極70の幅を自由層35の幅と同じとしたが、これより小さくしても同様の効果が得られた。

【0106】

以上のようにして作製された実施例5の磁気ヘッドによれば、実施例1と比較して磁区制御方法が異なるが、実効トラック幅を低減して高い再生出力を達成で

きることが本発明者等によって確認された。

【0107】

また、本発明によれば、例えば200Gbit/in²という超高密度記録の媒体と組み合わせた磁気記憶装置を実現できる。

【0108】

【発明の効果】

以上の説明の通り、本発明によれば、狭トラック化されていても、再生感度が高く、且つ、読みにじみが小さい磁気抵抗効果素子及びそれを備える磁気抵抗効果ヘッド、磁気記録再生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来および本発明を適用した磁気抵抗効果素子の、自由層の磁化状態のシミュレーション結果を示す図である。

【図2】

本発明を適用した磁気抵抗効果素子の平面形状を示す模式図である。

【図3】

本発明を適用した磁気記憶装置の模式図である。

【図4】

本発明を適用した磁気ヘッドの模式図である。

【図5】

CIPモードの巨大磁気抵抗効果ヘッドの、摺動面と平行な面の断面図である。

【図6】

本発明による巨大磁気抵抗効果素子の製造プロセスを示すフローチャートである。

【図7】

本発明による巨大磁気抵抗効果素子の製造プロセスを示す図である。

【図8】

本発明による巨大磁気抵抗効果素子の着磁方向を示す図である。

【図 9】

再生実効トラック幅と再生出力を示す特性図である。

【図 1 0】

再生実効トラック幅と再生出力を示す特性図である。

【図 1 1】

C I P モードの巨大磁気抵抗効果ヘッドの、摺動面と平行な面の断面図である。

【図 1 2】

磁気抵抗効果素子の平面形状における、有機レジスト膜と永久磁石膜の配置位置を示す

図である。

【図 1 3】

C I P モードの巨大磁気抵抗効果ヘッドの、摺動面と平行な面の断面図である。

【図 1 4】

C P P モードの巨大磁気抵抗効果ヘッドの、摺動面と平行な面の断面図である。

【図 1 5】

ハードバイアス構造による C P P モードの巨大磁気抵抗効果ヘッドの、摺動面と平行な

面の断面図および平面図である。

【図 1 6】

従来の C I P モード巨大磁気抵抗効果ヘッドの断面図である。

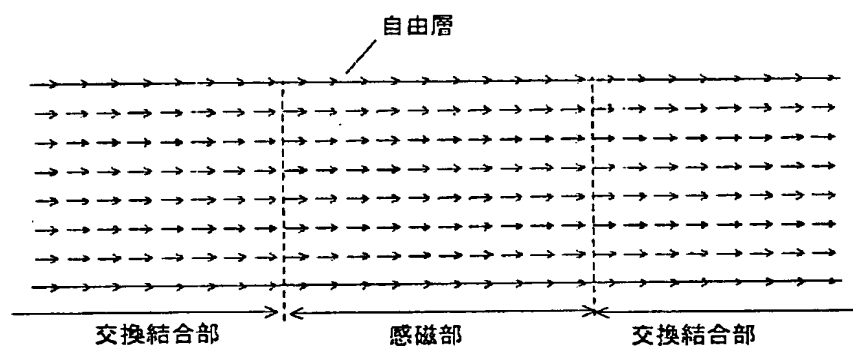
【符号の説明】

5 基板、10 下部シールド膜、20 下部磁気ギャップ形成用絶縁膜、30 巨大磁気抵抗効果膜、35 自由層、40 Cu、45 固定層、50 反強磁性層、60 反強磁性層、61 反強磁性層、70 電極、80 上部磁気ギャップ形成用絶縁膜、90 上部シールド膜、100 有機レジスト膜、110 イオンミリング、120 永久磁石膜。

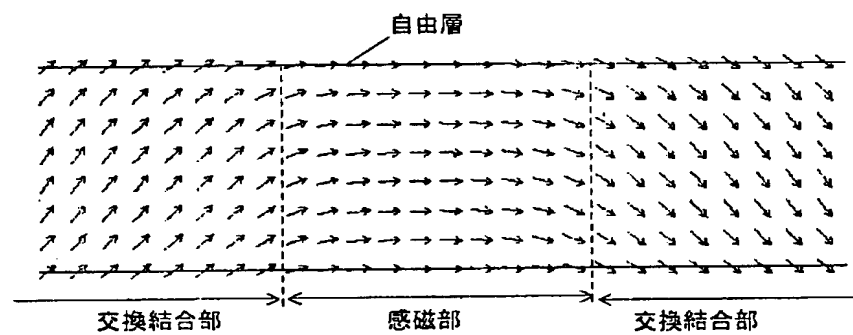
【書類名】 図面

【図 1】

図 1



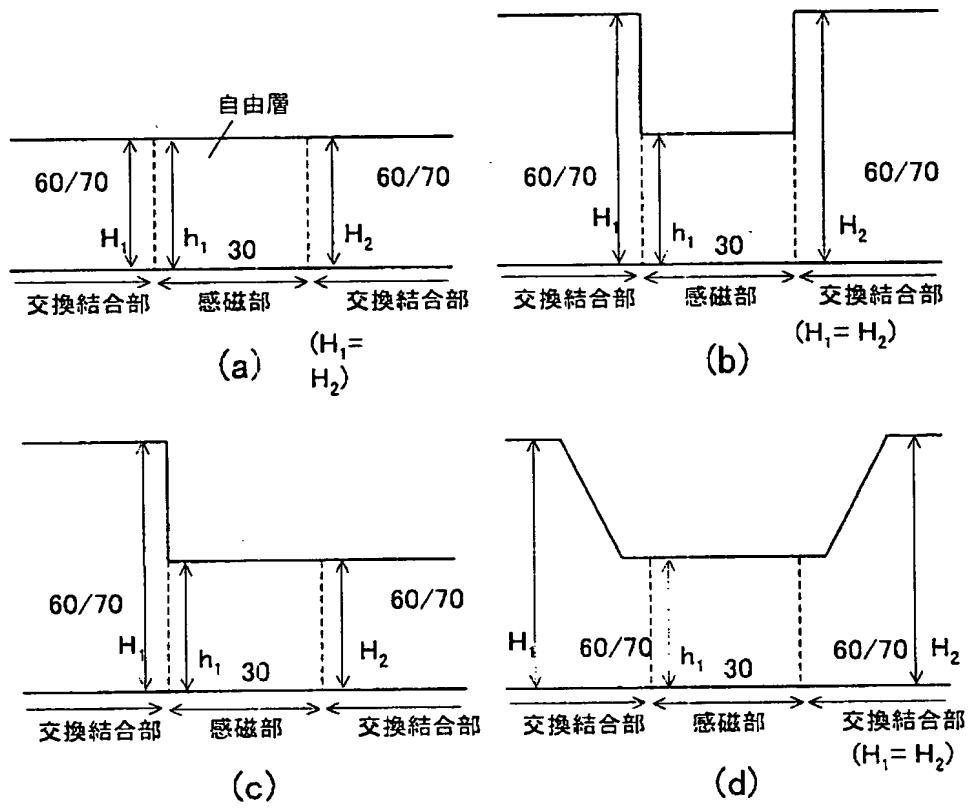
(a)



(b)

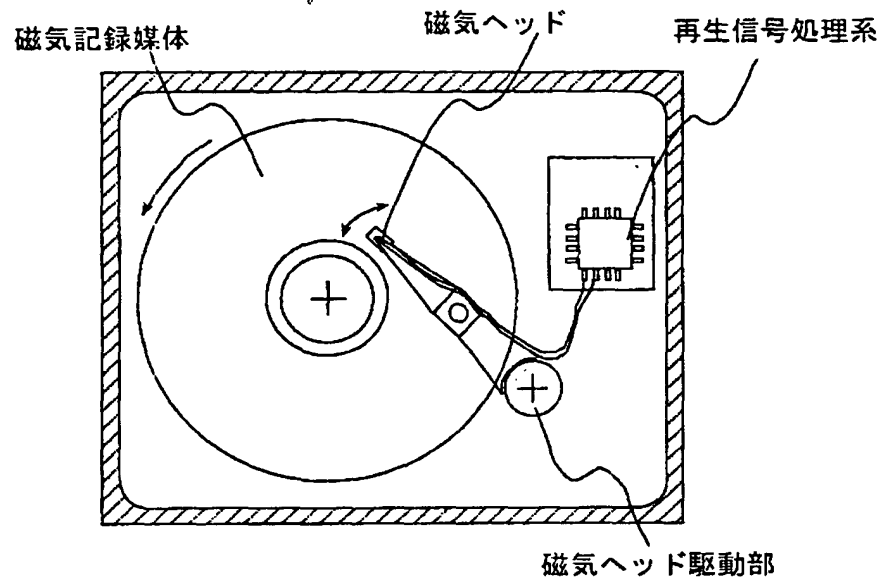
【図 2】

図 2



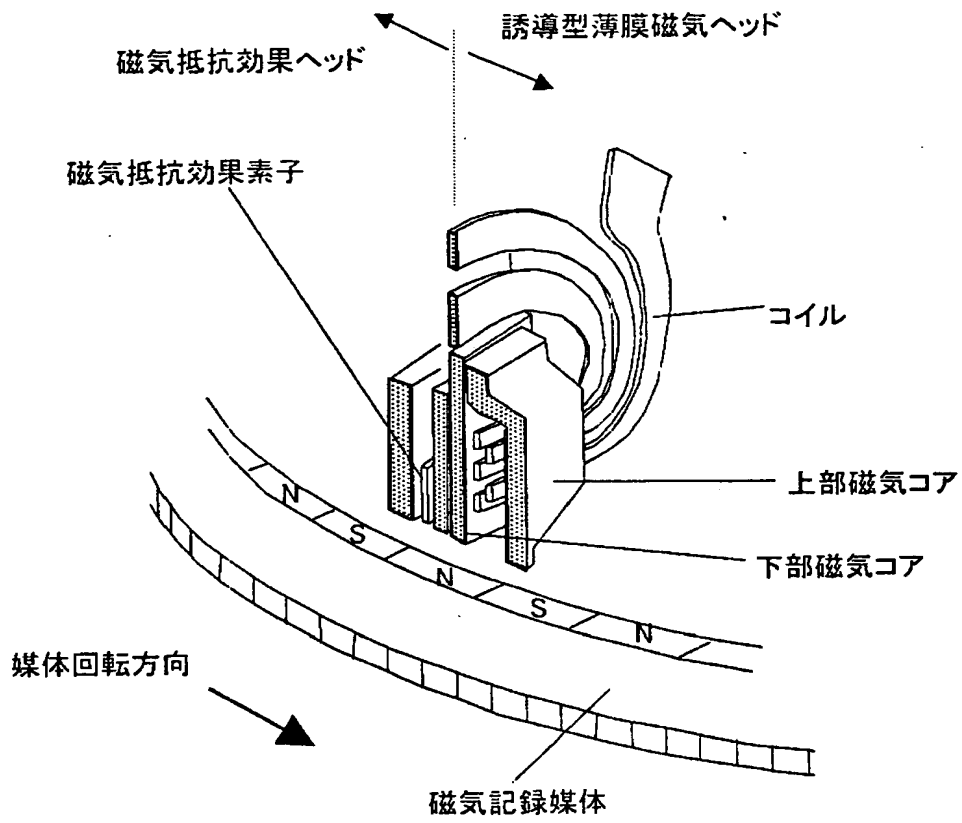
【図 3】

図 3

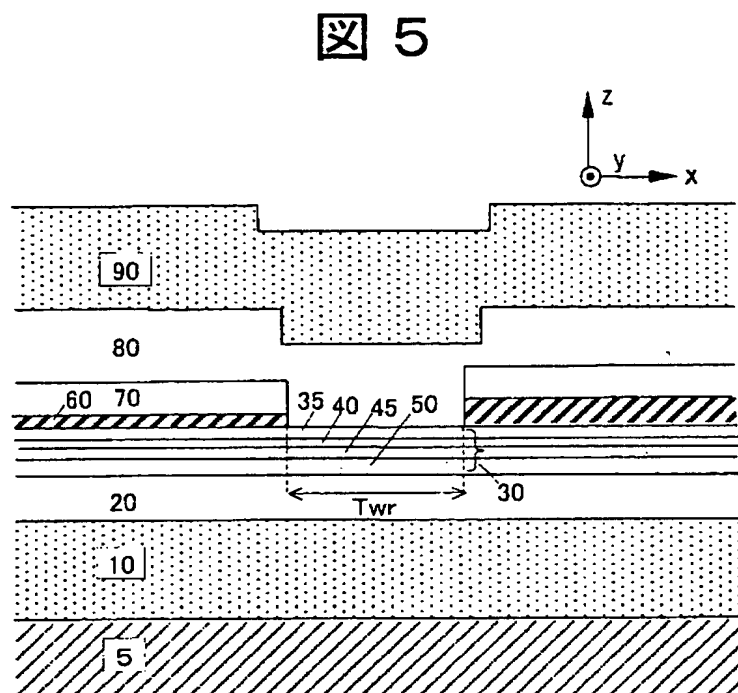


【図 4】

図 4

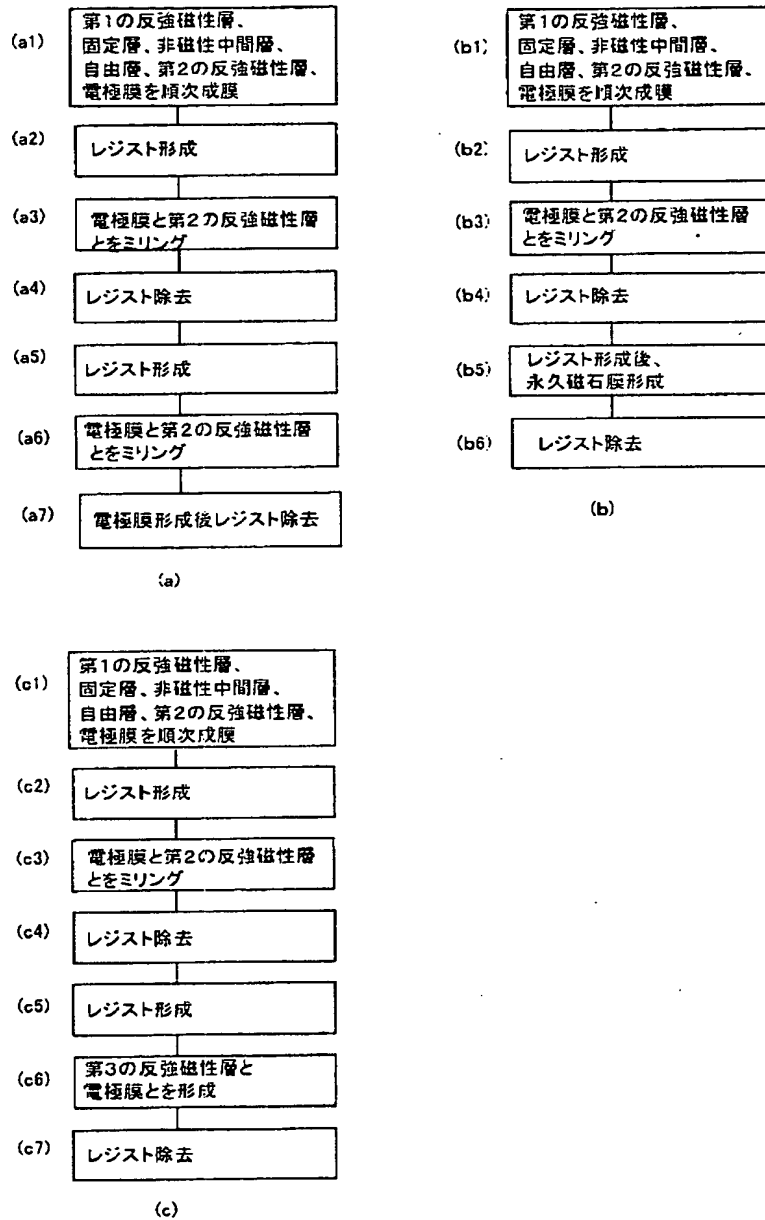


【図 5】



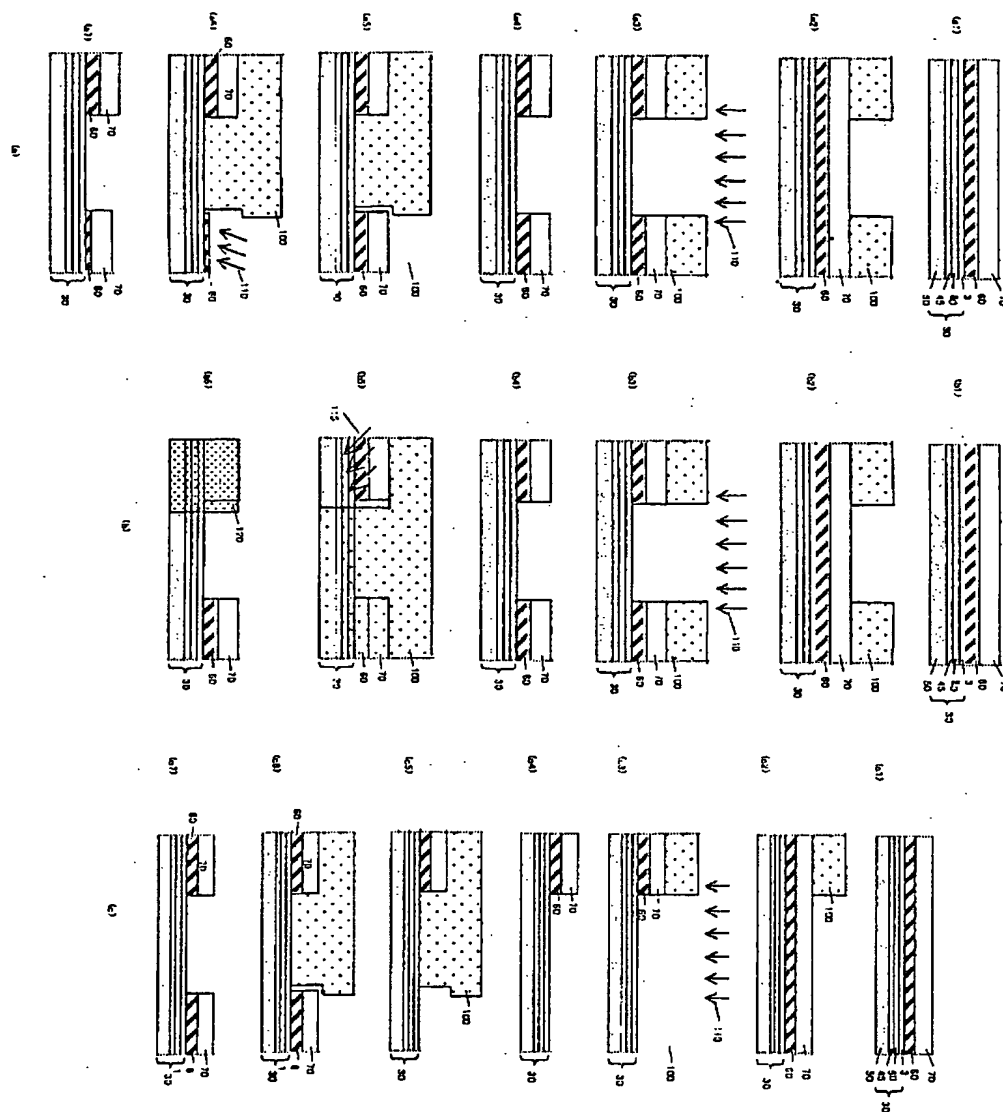
【図 6】

図 6



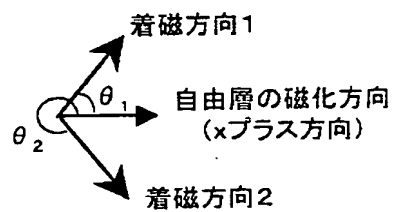
【图 7】

图7

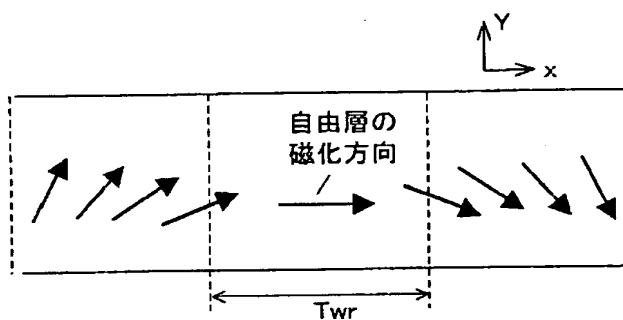


【図 8】

図 8



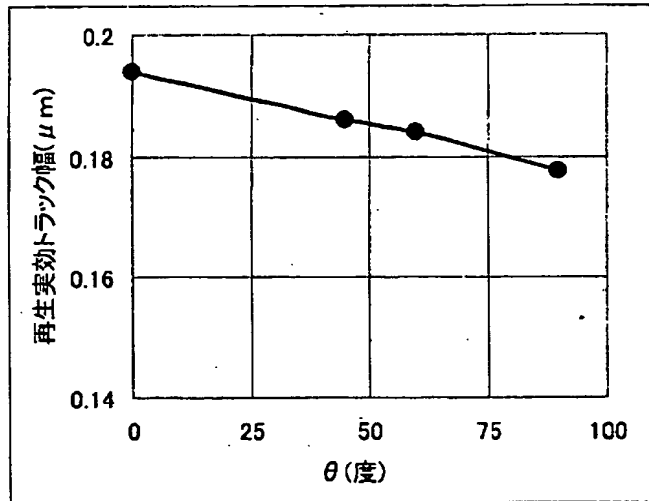
(a)



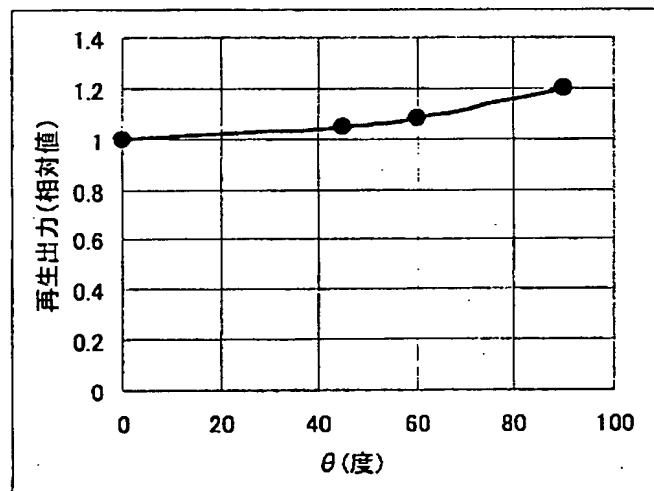
(b)

【図9】

図 9



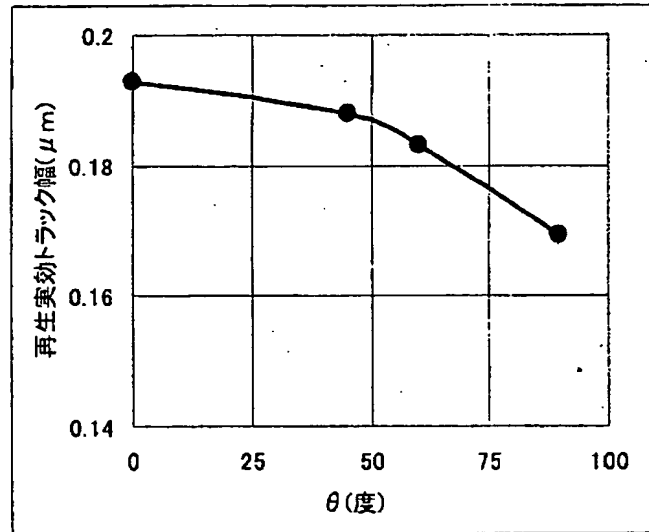
(a)



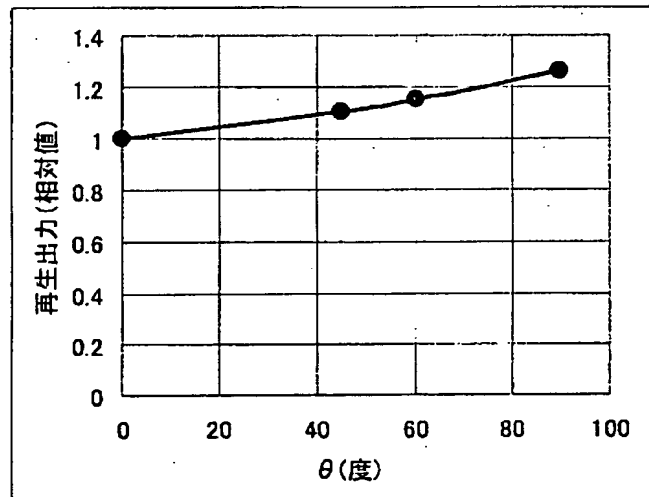
(b)

【図 10】

図 10



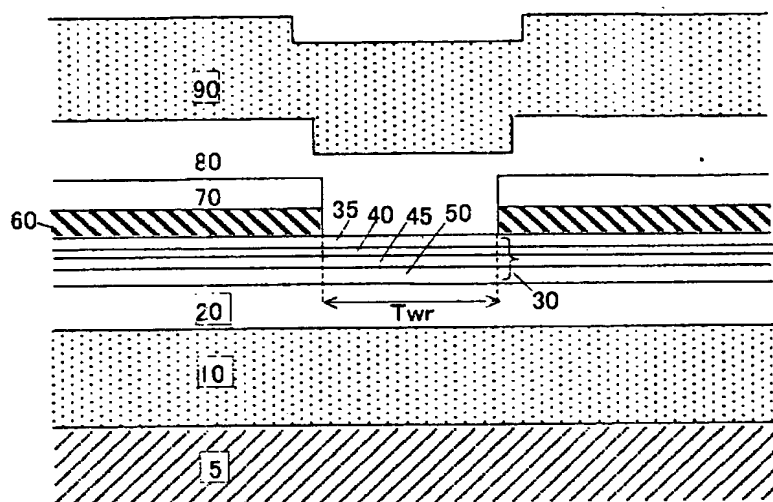
(a)



(b)

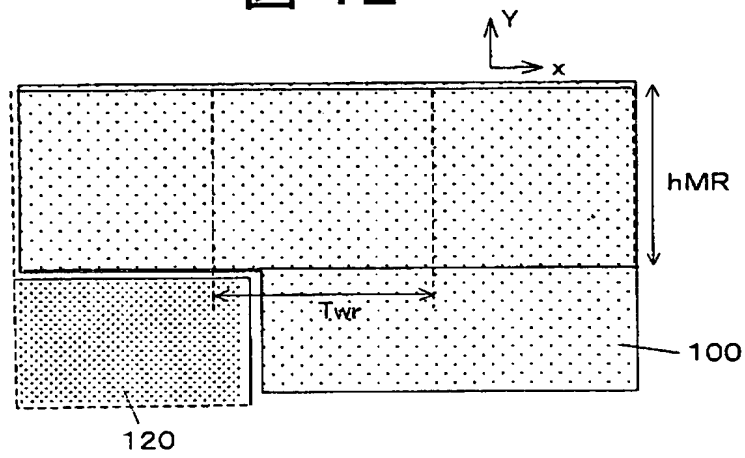
【図 1 1】

図 1 1

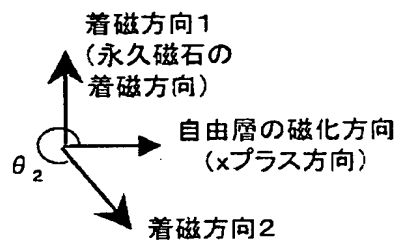


【図 1 2】

図 12



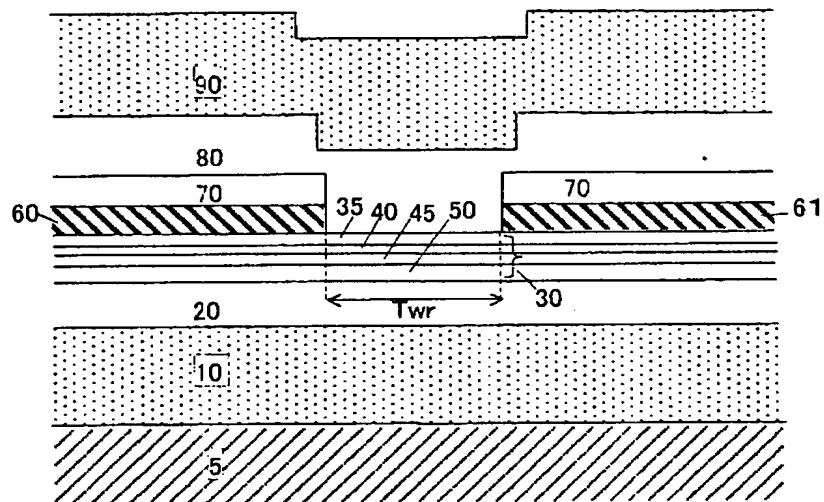
(a)



(b)

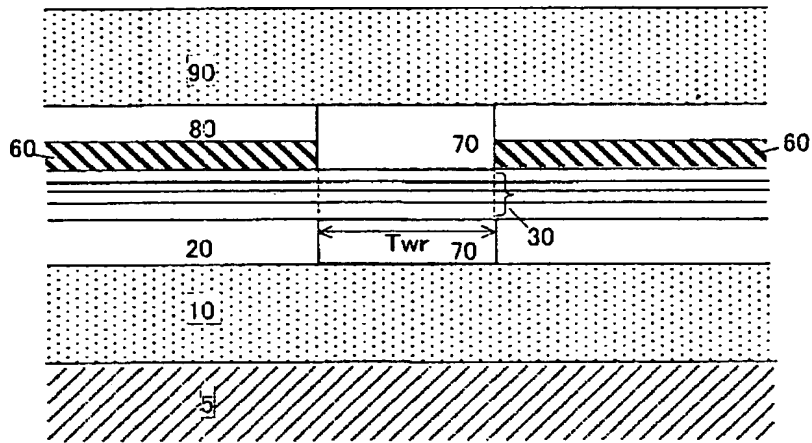
【図 1 3】

図 13



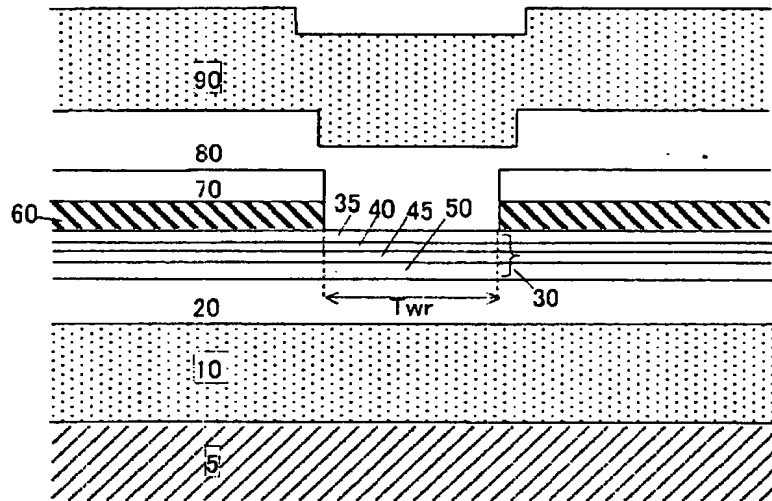
【図 1 4】

図 14



【図 1 6】

図 16



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 巨大磁気抵抗効果ヘッドの再生実効トラック幅を低減するとともに、再生出力を向上する。

【解決手段】 固定層、中間層及び自由層を備える磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜に電流を印加する一対の端子と、前記自由層に磁区制御用のバイアス磁界を印加するバイアス印加手段とを有し、前記自由層は、感磁部と前記感磁部の両端に一対の感磁部外領域とを有し、一方の感磁部外領域の磁化方向と他方の感磁部外領域の磁化方向とが異なる素子高さ方向成分をもち、且つ一方の感磁部外領域の磁化と他方の感磁部外領域の磁化とが感磁部を介して略対称とする。

【選択図】 図 5

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 6 1 6 0 7
受付番号	5 0 2 0 1 8 8 7 2 8 0
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 4 年 1 2 月 1 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年12月13日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所